

Reconstitution d'un objet en trois dimensions à partir de photographies

Dans le cadre du développement de la réalité virtuelle et de la conception de robots autonomes, des modèles informatiques en trois dimensions représentant l'environnement sont nécessaires. C'est parce que ce problème est d'actualité, qu'il aboutit à des applications concrètes et parce que son étude combine des considérations mathématiques et informatiques qu'il m'intéresse tout particulièrement. Le sujet rentre dans le thème: en effet, en posant des contraintes sur le temps de calcul ou le nombre de photographies utilisées, il est nécessaire de faire des choix (angles des photos, type de traitement d'images effectué, modèle utilisé...) pour optimiser la fidélité du modèle.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- JANIN Martin

Positionnement thématique

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Géométrie), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés

| Mots-Clés (en français) | Mots-Clés (en anglais) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>vision artificielle</i> | <i>computer vision</i> |
| <i>Modélisation 3D</i> | <i>3D Modeling</i> |
| <i>Enveloppe visuelle</i> | <i>Visual hull</i> |
| <i>détection de contour</i> | <i>boundaries detection</i> |
| <i>segmentation d'image</i> | <i>image segmentation</i> |

Bibliographie commentée

La démocratisation de l'imprimerie 3D offre de nouvelles possibilités quant à la création d'objet. Mais avant de pouvoir imprimer un objet en 3D, il est nécessaire de pouvoir le scanner, et de pouvoir le représenter en mémoire. Les différentes représentations en mémoire d'objets 3D comprennent principalement les représentations par voxels, et les représentations par polyèdres[1]. Quant au scan, beaucoup de méthodes existent pour scanner un objet en 3D, mais seule la modélisation à partir de photographies est un moyen accessible à tous sans matériel particulier.

Cette méthode de modélisation se décline sous différentes formes, avec des performances variées. La première approche consiste à délimiter la silhouette de l'objet à scanner dans les photographies, puis à n'exploiter que ces silhouettes pour créer un modèle leur correspondant[1]. D'autres méthodes utilisent aussi la texture et les motifs dans l'image[2, 3], et obtiennent des résultats excellents, mais sont plus complexes et nécessitent souvent des calculs plus longs, moins faciles à exécuter sur un smartphone que la méthode des silhouettes.

Cette méthode se divise principalement en trois parties :

la détection de contours, qui s'attache à traiter une image afin de faire ressortir les contours des objets,
la segmentation de ces contours, qui transforme cette image de contours en un ensemble de segments devant délimiter la silhouette de l'objet sur la photographie,
et la reconstitution proprement dite, qui utilise les silhouettes pour créer le modèle 3D.

La détection de contours est basé sur le filtrage linéaire, c'est-à-dire le fait de substituer à un pixel une combinaison linéaire des pixels autour.

L'enjeu est de déterminer les filtres les plus efficaces pour isoler les contours. Une modélisation mathématique de ce qu'est un contour et du bruit que peut contenir une image s'impose alors afin de pouvoir optimiser les paramètres des filtres. C'est l'objet du travail de John Canny[4]. L'étude d'une image et de filtres se fait souvent dans le domaine fréquentielle et utilise les notions de convolution et de transformée de Fourier. Des méthodes ont été développées pour optimiser la conversion du domaine fréquentiel au domaine spatial[5]. Les techniques de filtrage introduites par J. Canny ont plus tard été appliquées à des images en couleurs. l'idée principale est de dissocier la composante d'intensité lumineuse qui reste la meilleure indication des contours d'une image, de la composante chromatique, tout en faisant en sorte que celle-ci se rapproche le plus possible de la perception humaine des couleurs. Ainsi les méthode de filtrage sont appliquées séparément aux trois canaux de l'espace colorimétrique LAB[6,7]. A travers l'analyse fréquentielle, une composante de texture est également introduite[6,7]. Le problème est alors de savoir quels coefficients affecter aux réponses de ces composantes au filtrage afin d'obtenir les meilleurs contours possibles. Les méthodes émergentes de machine-learning peuvent être appliquées pour déterminer ces nombreux paramètres[7].

La segmentation d'image consiste séparer une image en plusieurs régions de manière à ce que tous les pixels d'une région soient le plus similaires possibles et le plus différents possibles de ceux des autres régions. On espère ainsi séparer les différents éléments d'une image. Cela est possible par l'étude de la séparation optimale de graphe d'affinité utilisant des résultats d'algèbre linéaire[8]. Cependant, c'est combinée à la détection de contours[7] et au machine-learning que la segmentation est la meilleure.

La reconstitution à partir de silhouettes utilise un concept simple : si on connaît la silhouette d'un objet vue depuis un certain point de vue, alors l'objet en question est inclus dans un cône ayant pour sommet le point focal du point de vue, et ayant pour forme la silhouette trouvée. En multipliant les photographies, on peut ainsi obtenir plusieurs silhouettes et donc plusieurs cônes, et il suffit alors d'en faire une intersection pour obtenir un modèle 3D convenable[1]. On peut ensuite effectuer des traitements sur le modèle trouvé pour le rendre plus léger [9].

Problématique retenue

La modélisation par utilisation de silhouette est légère et efficace, mais de nombreux paramètres et choix de méthodes peuvent affecter ses résultats. Il faut donc étudier leur influence sur le modèle

obtenu.

Objectifs du TIPE

Je me propose ici de construire un système de représentation d'objets en 3 dimensions et un algorithme de reconstitution d'un modèle 3D à partir de silhouettes bien délimitées. En combinant cet algorithme à l'algorithme de détection de silhouettes de mon binôme, nous obtiendrons alors un algorithme complet permettant de modéliser un objet à partir de photographies.

Je pourrai alors faire varier les paramètres de mon programme pour étudier leurs effets sur l'efficacité de la modélisation. Je pourrai aussi m'intéresser à l'impact d'éventuels post-traitements sur le modèle obtenu.

Références bibliographiques

- [1] BRUCE GUENTHER BAUMGART : Geometric modeling for computer vision : <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA002261>
- [2] H. HARLYN BAKER AND THOMAS O. BINFORD : Depth From Edge And Intensity Based Stereo : <https://pdfs.semanticscholar.org/2786/18251450aaeb334227ec82bacabfc1c266de.pdf>
- [3] CARLOS HERNANDEZ ESTEBAN AND FRANCIS SCHMITT : Silhouette and Stereo Fusion for 3D Object Modeling : http://carlos-hernandez.org/papers/hernandez_cviu04.pdf
- [4] JOHN CANNY : A Computational Approach to Edge Detection : <http://cmp.felk.cvut.cz/~cernyad2/TextCaptchaPdf/A%20Computational%20Approach%20to%20Edge%20Detection.pdf>
- [5] J.W. COOLEY AND J.W. TUKEY : An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series : <http://www.ams.org/journals/mcom/1965-19-090/S0025-5718-1965-0178586-1/S0025-5718-1965-0178586-1.pdf>
- [6] D.R. MARTIN, C.C. FOWLKES AND J. MALIK : Learning to Detect Natural Image Boundaries Using Local Brightness : <https://people.eecs.berkeley.edu/~malik/papers/MFM-boundaries.pdf>
- [7] M.R. MAIRE : Contour Detection and Image Segmentation : <https://people.eecs.berkeley.edu/~malik/papers/arbelaezMFM-pami2010.pdf>
- [8] J. SHI AND J. MALIK : Normalized Cuts and Image Segmentation : <https://people.eecs.berkeley.edu/~malik/papers/SM-ncut.pdf>
- [9] WILLIAM J. SCHROEDER, JONATHAN A. ZARGE, WILLIAM E. LORENSEN : Decimation of Triangle Meshes : <https://webdocs.cs.ualberta.ca/~lin/ABProject/papers/4.pdf>